

Prosiding Seminar Nasional  
Pengembangan Teknologi Pertanian  
Politeknik Negeri Lampung 24 Mei 2014  
ISBN 978-602-70530-0-7 halaman 316-323

## Pengaruh Perlakuan Awal Basa dan Hidrolisis Asam terhadap Kadar Gula Reduksi Ampas Tebu

### *The Effect of Alkali Pretreatment and Acid Hydrolysis on Bagasse-Reduced Sugar*

Sutikno<sup>1</sup>, Novita Sari<sup>2</sup>, dan Marniza<sup>1</sup>

- <sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung;  
Email: [sutikno@unila.ac.id](mailto:sutikno@unila.ac.id); [sutiknolampung@yahoo.com](mailto:sutiknolampung@yahoo.com); HP : 081369233221;  
081541361121
- <sup>2)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung

#### ABSTRACT

Bagasse, solid by product of sugar cane industries, contains high lignocellulose consisting of 46.3% cellulose, 23.0% hemicellulose and 19.7% lignin. The bagasse can be converted into bioethanol after pretreatment with base and acid and then fermenting with microbes. The objective of this study was to find out the effects of sodium hydroxide pretreatment and sulfuric acid hydrolysis on bagasse reduced sugar. In this study, there were 2 treatments with 3 replications. The first treatment was submersion bagasse into 0.50 M NaOH solution at a temperature of 121°C for 15 minutes. The second treatment was concentrations of sulphuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) that consisted of 5 levels, i.e. 0 M, 0.05 M, 0.10 M, 0.20 M, and 0.30 M. One and an half grams of dried and ground bagasse was put into 100 mL Erlenmeyer flask and then added with 30 mL 1.0 M NaOH solution. The flask was heated at a temperature of 121°C for 15 minutes. After filtering, the residue was hydrolyzed with H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution. The residue as well as 1.5 g dried and ground bagasse without pretreatment with NaOH was hydrolyzed with 15 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at concentrations of 0, 0.05, 0.10, 0.20, and 0.30 M at a temperature of 121°C for 15 minutes. Filtrates of the solutions were taken to analyze their reduced sugar content. Reduced sugar of the bagasse samples ranged from 0.05 to 4.20 mg/100 mL. The highest reduced sugar (4.20 mL/mL) was yielded when bagasse was directly, without treating with NaOH, hydrolyzed with 0.05 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at a temperature of 121°C for 15 minutes.

**Keywords :** Bagasse, lignocellulose, sulphuric acid, reducing sugar, Sodium hydroxide.

Diterima: 18 Mei 2014, disetujui: 23 Mei 2014

## PENDAHULUAN

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Bahan baku bioetanol yaitu bahan berpati atau biomasa limbah agroindustri yang mengandung selulosa dan hemiselulosa (Badger, 2002; Gomez *et al.*, 2008). Biomasa limbah

agroindustri itu diantaranya ampas tebu, tandan kosong kelapa sawit, tongkol jagung, dan sekam (Anonim, 2009).

Ampas tebu, yang merupakan limbah agroindustri gula dan mengandung selulosa dan hemiselulosa, persediannya berlimpah dan harganya murah di Indonesia. Pada tahun 2008 tanaman tebu di Indonesia adalah 395.399 ha dan diperkirakan setiap hektar tanaman tebu mampu menghasilkan 100 ton ampas tebu (Faisal, 2008). Maka potensi ampas tebu nasional dari total luas tanaman tebu mencapai 39.539.900 ton ampas. Sementara, biomassa limbah agroindustri ini kurang dimanfaatkan di daerah Lampung.

Ampas tebu tidak dapat langsung difermentasi oleh mikroba menjadi bioetanol karena banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang merupakan senyawa kompleks. Menurut Septiyani (2011), ampas tebu mengandung 45,96% selulosa, 20,37% hemiselulosa, dan 21,56% lignin. Senyawa kompleks ini harus didelignifikasi terlebih dahulu menjadi gula sederhana (hexosa dan atau pentosa) sebelum difermentasi oleh mikroba menjadi bioetanol. Delignifikasi biomasa limbah untuk melepaskan lignin ini dikenal dengan perlakuan awal (*pre-treatment*). Perlakuan awal secara basa yang efektif untuk memisahkan lignin dari selulosa dan hemiselulosa limbah agroindustri telah ditemukan yaitu dengan 1 M NaOH atau lebih pada suhu ruang selama 48 jam atau pada suhu 121°C selama 15 menit (Septiyani, 2011).

Selulosa dan hemiselulosa ampas tebu harus dihidrolisis menjadi gula sebelum dikonversi menjadi bioetanol. Hidrolisa asam dan hidrolisa enzimatis merupakan dua metode utama yang banyak digunakan khususnya untuk bahan-bahan lignoselulosa dari limbah pertanian (Mussantto dan Roberto, 2004). Hidrolisa selulosa secara enzimatis memberi *yield* etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisa asam (Palmquist dan Hahn-Hägerdal, 2000). Namun proses enzimatis merupakan proses yang mahal. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini digunakan hidrolisis secara asam, yaitu asam kuat ( $H_2SO_4$ ) yang mampu menghidrolisis ikatan selulosa dan hemiselulosa pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu untuk menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Kondisi hidrolisis secara asam yang efektif dan efisien belum diketahui.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui konsentrasi asam dan waktu hidrolisis yang terbaik untuk menghidrolisis ampas tebu dan holoselulosa ampas tebu menjadi gula reduksi.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan yaitu ampas tebu yang diperoleh dari PT. Gunung Madu Plantation Lampung Tengah; asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 1 N, asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) 72 %, dan natrium hidroksida (NaOH) yang diperoleh dari CV. Yona Kimia; reagent Nelson A, Nelson B dan arsenomolibdat yang didapatkan dari Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Unila. Peralatan yang digunakan antara lain mikropipet 1000 $\mu$ L (Thermo Scientific, Finn timer F3), oven (Philip Harris Ltd), timbangan 4 digit (Mettler M3000 Swiszerlan), grinder, ayakan (40 mesh), *shaker waterbath* (Polyscience), inkubator (Mettler), kuvet spektrofotometer, autoklaf (Wiseclave<sup>TM</sup>), spektrofotometer (Milton Ray Company), DR 4000 (Shimadzu, USA), dan thermometer.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dua tahapan, yaitu tahapan perlakuan awal dan tahap hidrolisis dengan asam. Tahap perlakuan awal dilakukan dengan merendam ampas tebu dalam larutan NaOH 1 M pada suhu 121°C selama 15 menit dan tahap hidrolisis dilakukan dengan merendam ampas tebu dalam larutan asam sulfat 0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M pada suhu 121 °C selama 15 menit sebanyak 3 kali ulangan. Kemudian data hasil pengamatan yang telah dihitung standar deviasinya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dianalisis secara deskriptif.

## Pelaksanaan Penelitian

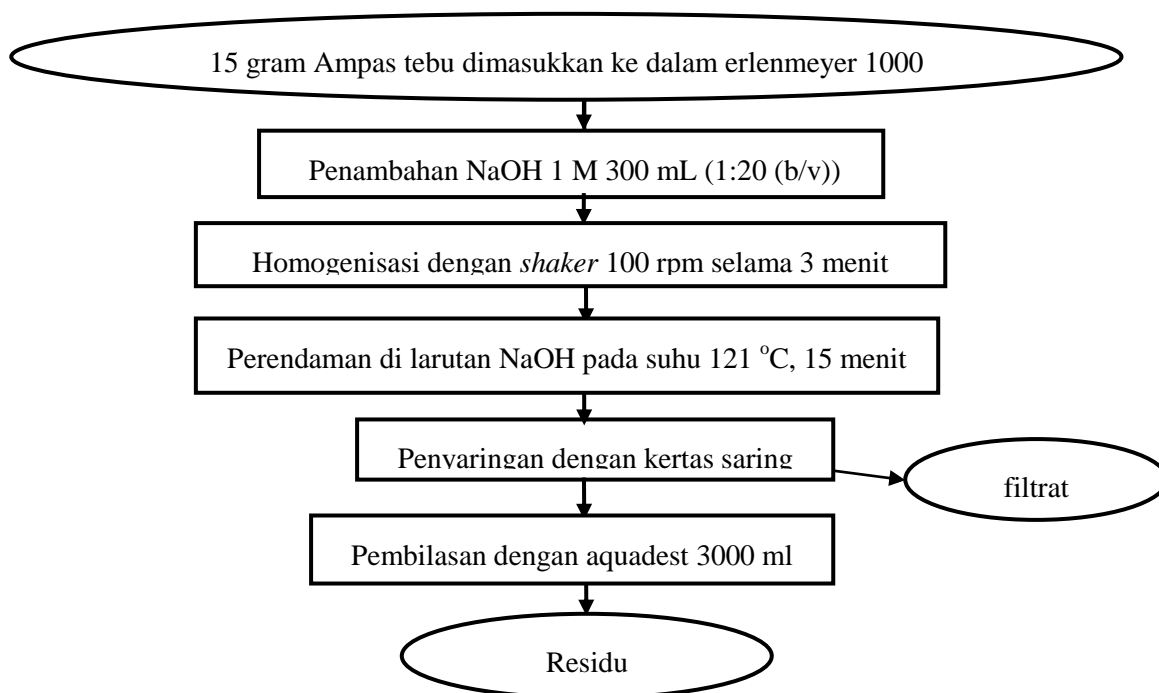
### 1. Perlakuan Awal

#### a. Persiapan Bahan Baku

Ampas tebu dikeringkan sampai berat konstan menggunakan oven (Philip Harris Ltd) pada suhu 105 °C. Ampas tebu kering dilakukan pengecilan ukuran dengan ukuran 40 mesh menggunakan ayakan ukuran 40 mesh. Bahan baku yang sudah kering dengan ukuran 40 mesh selanjutnya disimpan dalam kondisi kering (Samsuri, dkk., 2007 yang telah dimodifikasi).

#### b. Perlakuan Awal dengan basa (NaOH)

Perlakuan awal bahan baku menggunakan metode Sutikno, dkk. (2010). Sampel ampas tebu dengan berat konstan dan ukuran 40 mesh ditimbang sebanyak 15 gram dimasukkan dalam erlenmayer ukuran 1000 mL, ditambahkan larutan NaOH dengan konsentrasi 1 M sebanyak 300 mL. Setelah itu, sampel ampas tebu tersebut dihomogenisasi menggunakan shaker (Adolf Kuhner AG CH-4127) dengan kecepatan 100 rpm selama 3 menit dan dipanaskan dalam otoklaf (Wiseclave™) pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah itu, sampel dicuci dan dibilas menggunakan aquades sebanyak 3000 mL. Kemudian bagian padat (holoselulosa) dikeringkan dalam oven (Philip Harris Ltd) pada suhu 105 °C selama 24 jam (Sutikno, dkk., 2010). Padatan ini kemudian diberi perlakuan asam (hidrolisis asam).



Gambar 4. Perlakuan awal dengan NaOH 1 M (Sumber : Sutikno dkk., 2010)

## **2. Hidrolisis asam**

Ampas tebu ditimbang sebanyak 1,5 gram (untuk perlakuan awal basa dengan NaOH dan tanpa perlakuan awal basa dengan NaOH) dimasukkan ke dalam erlenmeyer ukuran 100 mL, kemudian ditambahkan 15 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada masing-masing erlenmeyer dengan berbagai konsentrasi (0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M) dan dipanaskan dalam autoclave pada suhu 121 °C selama 15 menit. Kemudian filtrat dianalisis kadar gula reduksinya (Taherzadeh dan Karimi, 2007 yang telah dimodifikasi).

### **Pengamatan**

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah komponen lignoselulosa (lignin, hemiselulosa, dan selulosa) (Chesson dalam Datta, 1981) dan kadar gula reduksi (Nelson-Somogyi dalam Sudarmadji, dkk., 1984). Analisis kadar lignin dilakukan untuk mengetahui kandungan lignin yang terdapat pada bahan baku. Analisis kadar selulosa, kadar hemiselulosa dilakukan untuk mengetahui kandungan selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada bahan baku. Sedangkan analisis gula reduksi bertujuan untuk mengetahui kadar gula reduksi yang terdapat pada sampel.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **A. Perlakuan Awal dengan Basa (NaOH)**

Perendaman ampas tebu dalam larutan 1 M NaOH dapat menurunkan kadar lignin dan menaikkan kadar selulosa dan hemiselulosa. Perlakuan awal ini dilakukan pada suhu 121 °C selama 15 menit. Hasil analisis kadar lignoselulosa sebelum dan setelah perlakuan awal disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata kadar lignoselulosa ampas tebu sebelum dan setelah perlakuan awal dengan NaOH

Perlakuan	Lignin (%)	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)
Sebelum perlakuan awal NaOH	19,72	23,01	45,26
Setelah Perlakuan awal NaOH 1 M	3,11	27,83	64,48

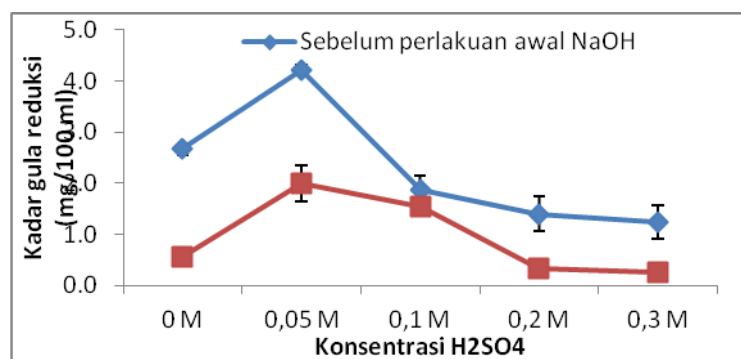
Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar lignin ampas tebu setelah diberi perlakuan awal menggunakan NaOH 1 M mengalami penurunan dari 19,72 % menjadi 3,11 %. Larutan NaOH 1 M yang merupakan larutan yang mampu memutus ikatan lignin bekerja secara optimal untuk mendegradasi lignin tanpa merusak selulosa dan hemiselulosa (Putri, 2010). NaOH mampu melunakkan ikatan lignin diantara selulosa sehingga serat akan terurai menjadi serat-serat tunggal. Selain itu, penambahan basa akan menyebabkan tingginya konsentrasi ion hidroksil dalam larutan pemasak sehingga mempercepat pemutusan pada ikatan intra molekul lignin saat ekstraksi dan mempercepat delignifikasi (Heradewi, 2007).

Tabel 1 menunjukkan pula perbedaan kadar selulosa ampas tebu yang cukup besar setelah diberi perlakuan awal; Kadar selulosa semula sebesar 45,26 % meningkat menjadi 64,48 %. Kandungan selulosa lebih tinggi disebabkan komponen lignin yang mengikat selulosa dan hemiselulosa telah terdegradasi dan larut saat proses pencucian dan pembilasan, sehingga

komponen selulosa meningkat persentasenya dari total seluruh komponen pada ampas tebu tersebut. Dengan terdegradasinya kadar lignin dalam jumlah yang cukup besar maka selulosa dan hemiselulosa dapat langsung dihidrolisis menggunakan asam sehingga dapat memperoleh gula reduksi yang lebih tinggi. Selama berlangsungnya proses pemasakan yang berisi larutan soda api (NaOH), polimer lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam larutan pemasak. Larutnya lignin ini terjadinya karena adanya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin bergabung dengan ion hidroksil bebas untuk membentuk air ( $H_2O$ )

## B. Hidrolisis Asam

Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang memecah polisakarida di dalam biomassa lignoselulosa, yaitu selulosa dan hemiselulosa menjadi monomer-monomer sederhana. Hidrolisis selulosa secara asam dilakukan untuk menghasilkan glukosa, yang dalam penelitian ini ampas tebu yang telah diberi perlakuan awal basa dengan NaOH dan tanpa diberi perlakuan awal dilanjutkan dengan perlakuan hidrolisis secara asam dengan penambahan  $H_2SO_4$  (0; 0,05; 0,1; 0,2 M; dan 0,3 M) pada suhu 121 °C selama 15 menit. Hasil analisis kadar gula reduksi dari ampas tebu yang diberi perlakuan awal NaOH dan tanpa perlakuan awal NaOH yang telah dihidrolisis dengan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) pada berbagai konsentrasi disajikan pada Gambar 1.

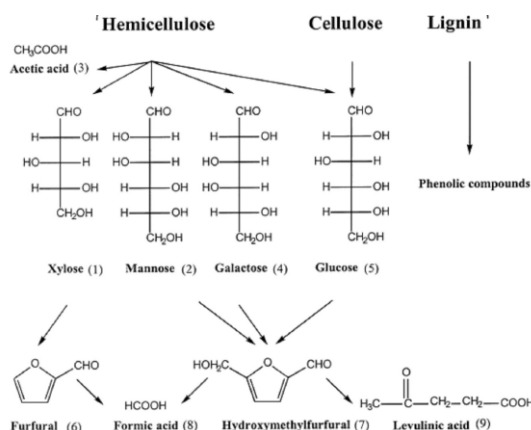


Gambar 1. Kadar gula reduksi hasil hidrolisis ampas tebu dengan berbagai konsentrasi  $H_2SO_4$  sebelum dan setelah perlakuan awal basa dengan 1M NaOH

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan awal basa dengan NaOH menghasilkan gula reduksi yang lebih rendah (Gambar 2). Hal ini dikarenakan NaOH dapat merubah monosakarida dan gugus akhir dari polisakarida menjadi berbagai asam karboksilat. Polisakarida berikatan (1-4) termasuk selulosa terdegradasi melalui mekanisme ekor yang dikenal dengan mekanisme pengelupasan (Achmadi, 1990). Selain itu, lama perendaman pada proses perlakuan awal memungkinkan kandungan selulosa mengalami penurunan dikarenakan berlangsungnya reaksi lanjutan dari NaOH yang akan mampu tidak hanya mendegradasi lignin tetapi juga mampu mendegradasi selulosa. Hasil penelitian memperlihatkan melalui proses hidrolisis secara asam encer ini sebenarnya telah mampu menghidrolisis hemiselulosa dan selulosa tanpa harus melewati perlakuan awal secara basa terlebih dahulu. Ampas tebu yang telah diberi perlakuan awal basa dengan NaOH dan tidak diberi perlakuan awal menghasilkan gula reduksi optimal pada konsentrasi 0,05 M berturut-turut adalah 2,0 mg/100 mL dan 4,2 mg/100 mL.

Peningkatan konsentrasi  $H_2SO_4$  menghasilkan gula reduksi semakin rendah (Gambar 2). Hal tersebut dikarenakan proses hidrolisis menggunakan konsentrasi asam yang tinggi menyebabkan

selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa turunannya (Gambar 2). Namun seiring dengan tingginya konsentrasi, glukosa dan senyawa gula lainnya akan lebih banyak terdegradasi membentuk hidroksi-metilfurfural dan furfural yang menyebabkan glukosa yang dihasilkan semakin rendah (Palmquist dan Hahn-Hagerdal, 2000). Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida dari proses hidrolisis secara asam disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Monosakarida dan produk lain hasil hidrolisis asam terhadap selulosa, hemiselulosa dan lignin (Palmquist and Hahn-Hagerdal, 2000)

Gambar 2 menunjukkan bahwa ampas tebu tanpa diberi perlakuan awal dan dihidrolisis secara asam pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05 M, suhu  $121^\circ\text{C}$  selama 15 menit menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi (4,2 mg/100 mL). Selain itu, ampas tebu yang dipanaskan pada suhu tinggi ( $121^\circ\text{C}$ ) tanpa penambahan asam menghasilkan glukosa yang relatif tinggi (Gambar 2). Hal ini membuktikan bahwa dengan perlakuan panas saja dapat membantu mempercepat proses hidrolisis lignoselulosa ampas tebu menjadi glukosa.

Pada penelitian ini, hidrolisis secara asam dengan perlakuan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0-0,3 M menggunakan ampas tebu tidak diberi perlakuan awal lebih efektif digunakan untuk menghasilkan kadar gula reduksi optimal. Hal ini terlihat jelas pada Gambar 2, hasil hidrolisis ampas tebu tanpa diberi perlakuan awal menghasilkan gula reduksi lebih tinggi dari pada hidrolisis ampas tebu setelah diberi perlakuan awal NaOH. Selain itu, pada penelitian ini perlakuan tanpa penambahan asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0M) tetapi dengan pemanasan suhu tinggi ( $121^\circ\text{C}$ ) pada Gambar 2 menghasilkan glukosa yang relatif tinggi. Hal ini membuktikan bahwa dengan perlakuan panas dapat membantu mempercepat proses hidrolisis lignoselulosa ampas tebu menjadi glukosa.

Parameter konsentrasi asam, suhu, dan waktu hidrolisis merupakan parameter yang penting pada proses hidrolisis asam (Mussatto dan Roberto, 2004). Peningkatan waktu hidrolisis mampu meningkatkan kadar gula reduksi. Hal ini dikarenakan waktu kontak yang lama akan menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya. Namun, jika waktu reaksi terlalu lama maka monosakarida yang terbentuk akan dihidrolisis lebih lanjut menjadi furfural, asal format, hidrosifurfural, dan asam levulinat (Gambar 3).

## KESIMPULAN

Perlakuan terbaik pada penelitian ini yaitu hidrolisis ampas tebu tanpa perlakuan awal basa dengan asam sulfat 0,05 M pada suhu 121°C selama 15 menit. Perlakuan ini menghasilkan gula reduksi sebesar 4,2 mg/ 100 mL.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. 1990. Kimia Kayu. Bahan Pengajaran Universitas Ilmu Hayati. Institut Pertanian Bogor. 120 hlm.
- Anonim. 2009. Biomasa limbah agroindustri. <http://elearning.unej.ac.id/courses/PNU1705/document/babIklpswt.doc> Diakses pada tanggal 7 Agustus 2012.
- Badger, P.C. 2002. Ethanol from cellulose : A general review. P 17-21 In : J. Janick and A. Whipkey (eds) *Trends in new crop and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA., USA.
- Datta, R. 1981. Acidogenic fermentation of linocellulose acid yield and conversion of components. *Biotechnol. Bioeng.* 23. Hlm 2167-2170.
- Faisal, A. 2008. Produk xilitol oleh khamir penghasil enzim xylose reductase dari hidrolisat ampas tebu. Skripsi. UI. Depok.
- Gomez, L.D., Steel-King, C.G., and Mc Queen-Mason, J. 2008. Sustainable liquid biofuels from biomass : the writing's on the wall. *New Phytologist* 178 : 473-485.
- Heradewi. 2007. Isolasi Lignin Dari Lindi Hitam Proses Pemasakan *Organosolv* Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Skripsi. IPB. Bogor.
- Mussatto, S.I., and Roberto, I.C., 2004. Alternatives for detoxification of dilute-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative process: a review. *Bioresour. Technol.* 93, 1-10.
- Palmquist, E and Hahn-Hageral, B. 2000. A Review: Fermentation of lignocellulosic hydrolyzates II, Inhibitor and mechanism of inhibitor; *Bioresour. Technol.*
- Putri, F. Y. 2010. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Lama Perendaman TKKS (*Elaeis guineensis* JACQ) Terhadap Kadar Hemiselulosa, Selulosa, dan Lignin Untuk Produksi Biobutanol. Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. 96 hlm.
- Samsuri, M., Gozam, M., Mardias, R., Baiquni, M., Hermansyah, H., Wijanarko, A., Prasetya, B, dan Nasikin, M. 2007. Pemanfaatan selulosa bagas untuk produksi ethanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan enzim xilanase. *Makara Teknologi*. 11(1): 17-24.
- Septiyani, R. 2011. Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Inkubasi Enzim Selulase Terhadap Kadar Gula Eduksi Ampas Tebu. Skripsi. Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Lampung. 53 hlm.
- Sudarmadji, S., Bambang, H., dan Suhardi. 1984. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian edisi ketiga. Liberty. Yogyakarta.

- Sutikno., Hidayati, S., Nawansih, O., Nurainy, F., Rizal, S., Marniza., dan Arion, R. 2010. Tingkat Degradasi Lignin Bagas Tebu Akibat Perlakuan Basa Pada Berbagai Kondisi. Disampaikan Dalam Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna di Politeknik Negeri Lampung Pada Bulan April. <http://blog.unila.ac.id/sutiknounila/category/research-activities>. Diakses pada tanggal 26 Juni. 2010.
- Taherzadeh, M.J., and Karimi, K. 2007. Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials : A review. *BioResources* 2 (3) : 472-499.